



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

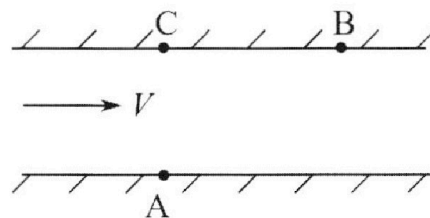
Вариант 09-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.



1. Пловец трижды переплывает реку. Движение пловца прямолинейное. Скорость пловца в подвижной системе отсчета, связанной с водой, во всех заплывах одинакова по модулю.

В двух первых заплывах А – точка старта, В – точка финиша (см. рис., V – неизвестная скорость течения реки). Ширина реки $AC = d = 50$ м, снос, т.е. расстояние, на которое пловец смещается вдоль реки к моменту достижения противоположного берега, $CB = L = 120$ м.



Продолжительность первого заплыва $T_1 = 100$ с, продолжительность второго заплыва $T_2 = 240$ с.

- 1) Найдите скорости V_1 и V_2 пловца в лабораторной системе отсчета в первом и втором заплывах.
- 2) Найдите скорость V течения реки.

В третьем заплыве пловец стартует из точки А и движется так, что снос наименьший.

- 3) На каком расстоянии S от точки В выше по течению финиширует пловец в третьем заплыве?

2. Футболист на тренировке наносит удары по мячу, лежащему на горизонтальной площадке и направляет мяч к вертикальной стенке. После абсолютно упругого соударения со стенкой на высоте $h = 5,4$ м мяч падает на площадку. Расстояние от точки старта до стенки в 3 раза больше расстояния от стенки до точки падения мяча на площадку.

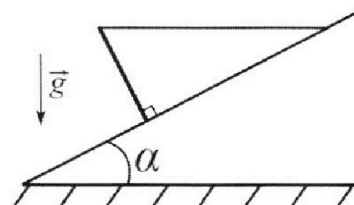
- 1) Найдите наибольшую высоту H , на которой мяч находится в полете.
- 2) Через какое время t_1 после соударения со стенкой мяч упадет на поле?

Допустим, что в момент соударения мяча со стенкой на высоте h , стенка движется навстречу мячу. Расстояние между точками падения мяча на поле в случаях: стенка покоится, стенка движется, $d = 1,8$ м.

- 3) Найдите скорость U стенки в момент соударения.

Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Сопротивление воздуха пренебрежимо мало. Соударения мяча со стенкой абсолютно упругие. Траектории мяча лежат в вертикальной плоскости перпендикулярной стенке.

3. Однородный стержень удерживается на шероховатой наклонной плоскости горизонтальной нитью, прикрепленной к стержню в его наивысшей точке. Сила натяжения нити $T = 17,3$ Н. Угол между стержнем и плоскостью прямой. Наклонная плоскость образует с горизонтальной плоскостью угол $\alpha = 30^\circ$.



- 1) Найдите массу m стержня.
- 2) Найдите силу $F_{тр}$ трения, действующую на стержень.
- 3) При каких значениях коэффициента μ трения скольжения стержень будет находиться в покое? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 09-02

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные
дроби и радикалы.

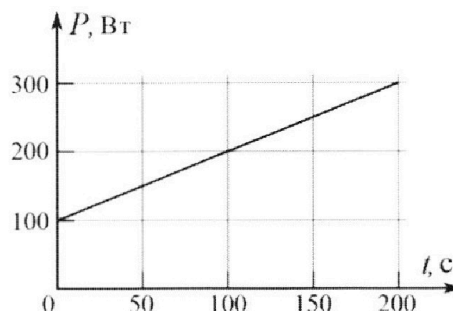


4. Воду объемом $V = 1$ л нагревают на электроплитке. Начальная температура воды $\tilde{t}_0 = 16^\circ\text{C}$. Сопротивление спирали электроплитки $R = 25$ Ом, напряжение источника $U = 100$ В. Зависимость мощности P тепловых потерь от времени t представлена на графике (см. рис.).

1) Найдите мощность P_H нагревателя.

2) Найдите температуру $\tilde{t}_1$ воды через $T = 180$ с после начала нагревания.

Плотность воды $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$, удельная теплоемкость воды $c = 4200 \text{ Дж/(кг}\cdot^\circ\text{C)}$.

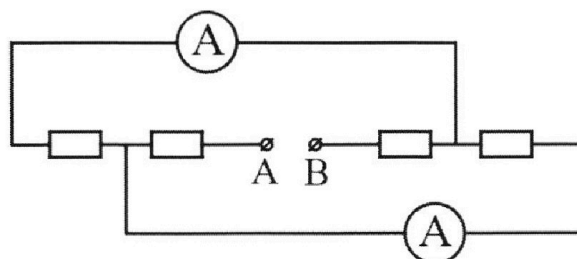


5. В электрической цепи, схема которой представлена на рисунке, четыре резистора, у двух из которых сопротивление по 30 Ом, у двух других сопротивление по 60 Ом. Сопротивление амперметров пренебрежимо мало.

После подключения к клеммам А и В источника постоянного напряжения показания амперметров оказались различными. Большее показание $I_1 = 2$ А.

1) Найдите показание I_2 второго амперметра.

2) Какую мощность P развивают силы в источнике?

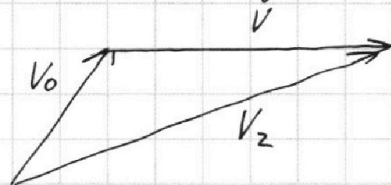
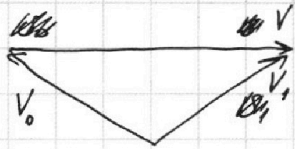


1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

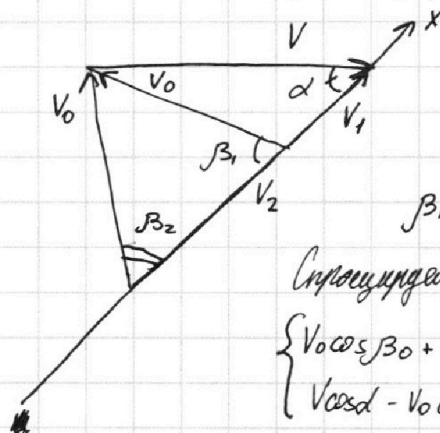
✓ 1

1) Составим векторный треугольник скоростей для обеих ситуаций:



На рисунке: V_0 - скорость
пловца.

Подставим два выше нарисованных Δ друг к другу так, что бы стороны V
стали общими:



X - ось по которой на-
равнены V_1 и V_2

$$\alpha = \angle CBA$$

$\beta_1 = \beta_2 = \beta_0$, т.к. Δ с этими углами р/б.

Спроецируем V_0 и V на Ox и получим 2 ур-ние:

$$\begin{cases} V_0 \cos \beta_0 + V \cos \alpha = V_2 & (1) \\ V \cos \alpha - V_0 \cos \beta_0 = V_1 & (2) \end{cases}$$

По Тл. Пифагора: $AB = \sqrt{L^2 + d^2} = 130 \text{ м} \Rightarrow \cos \alpha = \frac{CB}{AB} = \frac{12}{13}$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{AB}{T_2} = \frac{130 \text{ м}}{240 \text{ с}} = \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

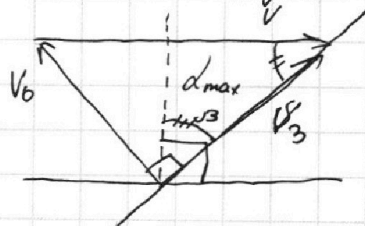
$$V_2 = \frac{AB}{T_1} = \frac{130 \text{ м}}{100 \text{ с}} = \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$(1) + (2): V_1 + V_2 = 2V \cos \alpha \Rightarrow V = \frac{V_1 + V_2}{2 \cos \alpha} = \frac{\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{2 \cdot \frac{12}{13}} = \frac{\frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}} + \frac{31,2}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24}{13}} =$$

$$= \frac{44,2 \cdot \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24}{13}} = \frac{22,1 \cdot \frac{13}{12} \frac{\text{м}}{\text{с}}}{\frac{24}{13}} = \frac{289,3 \text{ м}}{288 \text{ с}} \approx 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

По Тл. кос: $V_0^2 = V^2 + V_2^2 - 2VV_2 \cos \alpha \Rightarrow V_0 = \sqrt{0,29} \frac{\text{м}}{\text{с}}$

2) Чтобы спос $\rightarrow \min$, нужно чтобы $\alpha \rightarrow \max$. Это достигается в случае нулевого.



В максимальной: $\sin \alpha_{\max} = \frac{\sqrt{0,29}}{1} \Rightarrow \cos \alpha_{\max} = \sqrt{1 - 0,29} =$
 $= \sqrt{0,71}$

$$V_3 = V \cos \alpha_{\max} = \sqrt{0,71} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\text{Выс будет равен: } AC \cdot \tan \beta = 50 \text{ м. } \frac{\cos \alpha_{\max}}{\sin \alpha_{\max}} = \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50$$

$$\text{Тогда: } S = L - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м} = 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м.}$$

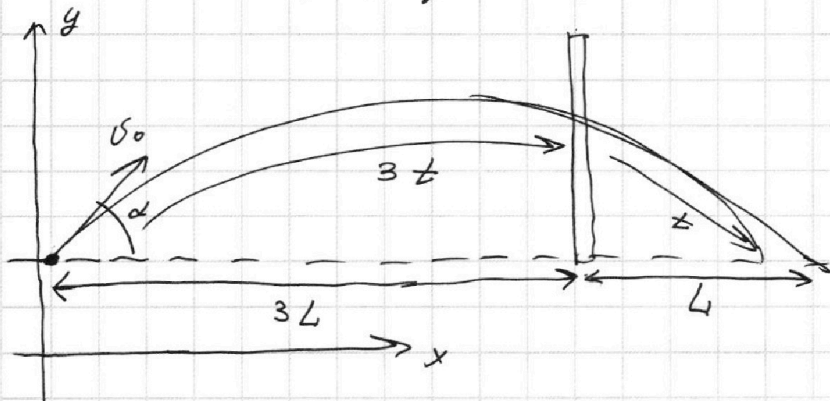
$$\text{Ответ: } 120 \text{ м} - \sqrt{\frac{0,41}{0,25}} \cdot 50 \text{ м}; \frac{13}{24} \frac{\text{м}}{\text{с}}; \frac{13}{10} \frac{\text{м}}{\text{с}}; 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

12

1) М. к. удар другой и стенка вертикально, то изменилось только горизонталь-
ная составляющая, а значит траектория мяча можно отразить от ст. стены.



М. к. мя в проекции на Oy движется равномерно, но от удара до стенки время пойдёт быстрее в 3 раза, чем от стенки до падения

v_0 - начальная скорость мяча.

Уг-ни движется по Oy две volle времени: $0 = v_0 \sin \alpha \cdot 4t - \frac{g}{2} \cdot 16t^2$

$$v_0 \sin \alpha = 2gt$$

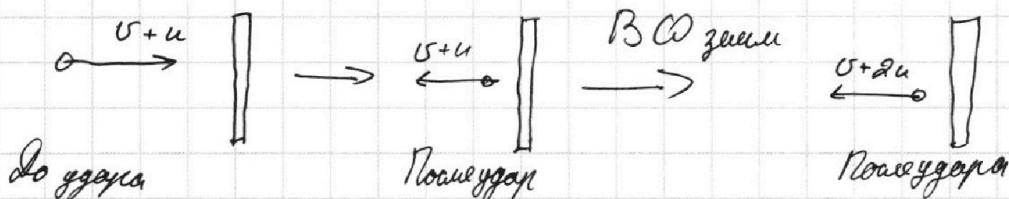
Уг-ни движется по Ox две первых $3t$: $h = v_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g}{2} \cdot 9t^2$

Подставим $v_0 \sin \alpha$: $h = 2gt \cdot 3t - 4,5gt^2 = 1,5gt^2 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{3,4}{1,5 \cdot 10}} \cdot 10 \text{ c} =$

$$\text{Погда: } H = v_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{g}{2} \cdot 4t^2 = 4gt^2 - 2gt^2 = 2gt^2 = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}$$

$$t_1 = t = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c} \quad \text{и } H = 6,2 \text{ m}$$

2) Чтобы понять с какой скоростью отскочил мяч перейдём в СО стены:



Значит горизонтальная сост-я скорости увеличилась на $2u$, но до земли он всё также будет лететь время T , т.е. верт. сост-я не изменилась.

Погда: $L = v_0 \cos \alpha \cdot t$

$$L + d = (v_0 \cos \alpha + 2u) t$$

$$L = (v_0 \cos \alpha + 2u) t - d$$

$$\begin{aligned} v_0 \cos \alpha t &= v_0 \cos \alpha t + 2u t - d \\ 2u t &= d \Rightarrow u = \frac{d}{2t} = \frac{1,8 \text{ m}}{2 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{5}}} \text{ c} \\ &= \frac{\sqrt{1,8 \cdot 5}}{2} = \frac{\sqrt{90}}{2} \frac{\text{m}}{\text{c}} \end{aligned}$$

Ответ: $H = 6,2 \text{ m}$; $t_1 = \sqrt{\frac{1,8}{5}} \text{ c}$; $u = \frac{\sqrt{90}}{2} \frac{\text{m}}{\text{c}}$

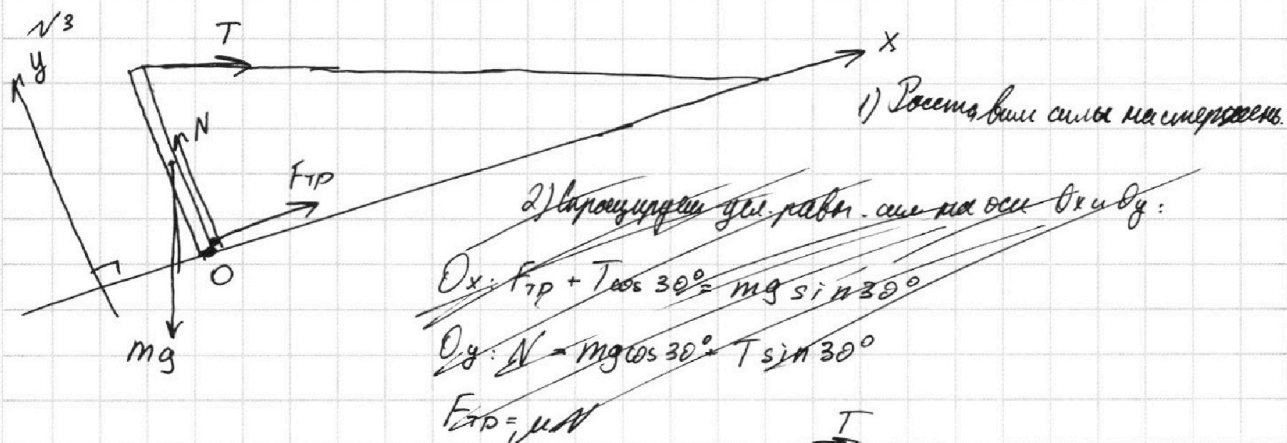
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

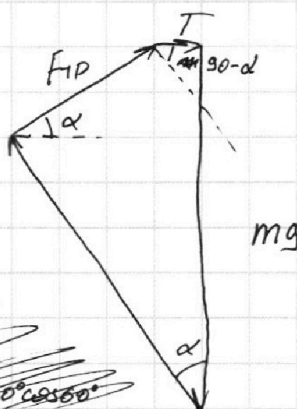


3) Усл. равн. сил в вект. виде:

~~Усл. равн. сил:~~
 ~~$T \cos 30^\circ + F_{\text{тр}} \cos 60^\circ = mg \sin 30^\circ$ (1)~~
 ~~$mg \cos 30^\circ + T \cos 60^\circ = N$ (2)~~
 ~~$mg \sin 30^\circ + T \cos 30^\circ = F_{\text{тр}}$ (3)~~

~~Решаем систему (1), (2), (3):~~

~~$mg \cos 30^\circ + T \cos 30^\circ \cos 60^\circ = mg \cos 60^\circ + T \cos 30^\circ \cos 30^\circ$~~



4) Пусть длина стержня l , тогда при усл. равн. $T \cdot \frac{l}{2} \cdot \sin 30^\circ = T l \cos 30^\circ$

$$m = \frac{2T \cos 30^\circ}{g \sin 30^\circ} = 3,43 \cdot \sqrt{3} \text{ кг}$$

5) Из вект. с. сил: $F_{\text{тр}} = mg \sin 30^\circ - T \cos 30^\circ = 3,43 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{10}{2} - 7 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{14\sqrt{3}}{2} \text{ Н}$

$$N = T \cos 60^\circ + mg \cos 30^\circ = 14,3 \cdot \frac{1}{2} + 3,43 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 60,1 \text{ Н}$$

$F_{\text{тр}} = \mu N \Rightarrow \mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N} = \frac{14\sqrt{3}}{120,2}$, значит при $\mu \geq \frac{14\sqrt{3}}{120,2}$, равновесие возможно

Ответ: $3,43 \cdot \sqrt{3}$; $\frac{14\sqrt{3}}{2}$; $\mu \geq \frac{14\sqrt{3}}{120,2}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

N4

В начальной момент времени:

$$P = \overset{\substack{\uparrow \\ \text{Коэф} \\ \text{теплопотерь}}}{\cancel{1000}} = \alpha \cdot \underset{\substack{\uparrow \\ \text{Количество} \\ \text{температуры}}}{(t_0 - T)}$$

На рис. 100:

На

1) Мощность нагревателя: $P_H = \frac{U^2}{R} = \frac{10000}{25} = 400 \text{ Вт}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

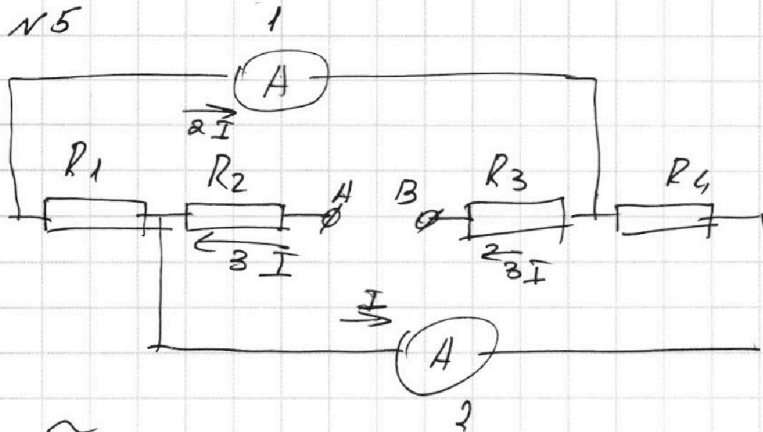
7
☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N 5



1) $R_1 \neq R_4$, т.к. иначе
среднее показание амперометров было бы одинаковым,
т.е. сопротивления их
вещей равны.

2) Пусть $R_1 = 30 \Omega$; $R_4 = 60 \Omega$, $R_2 = 60 \Omega$, $R_3 = 30 \Omega$ (R_2 и R_3 ; R_1 и R_4 без разницы кажутся, т.е. всё симметрично).

3) Разветвления по Кирхгофу верно, т.е. $I \cdot R_4 = 2I \cdot R_1$.

Тогда: $2I = I_1 = 2A \Rightarrow I_2 = I = 1A$

4) $P = 9I^2 \cdot R_2 + I^2 \cdot R_4 + 9I^2 \cdot R_3 = 9 \cdot 60 \text{ Вт} + 60 \text{ Вт} + 9 \cdot 30 = 840 \text{ Вт}$

$$U_z = U_0 \cos \beta + \delta \cos \alpha$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$V_0 \cos \beta = V_2 - V \cos \alpha$$

$$V^2 = V_0^2 + V_2^2 - 2 V_0 V_2 \cos \beta$$

$$2 V_0 V_2 \cos \beta = V_0^2 + V_2^2 - V^2$$

$$2 V_2 = \frac{V_0^2 + V_2^2 - V^2}{V_2 - V \cos \alpha}$$

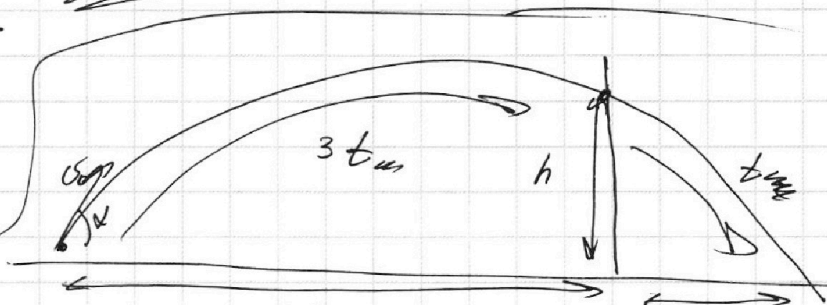
$$2 V_2^2 - 2 V_2 V \cos \alpha = V_0^2 + V_2^2 - V^2$$

$$V_0^2 = V^2 + V_2^2 - 2 V_2 V \cos \alpha$$

$$V_0 = \sqrt{1^2 + \frac{169}{100} - 2 \cdot 1 \cdot \frac{13}{10} \cdot \frac{12}{13}} = \sqrt{1 + 1,69 - 2,4} =$$

$$= 10,29$$

$$V_0 = \sqrt{1 + 1,69 - 2,4} = \sqrt{0,29} = 0,54$$



$$0 = V_0 \sin \alpha \cdot 4t - \frac{g}{2} \cdot 16t^2$$

$$4 V_0 \sin \alpha = 8g t$$

$$V_0 \sin \alpha = 2g t$$

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g \cdot 9t^2}{2}$$

$$h = 6g t^2 - 4,5g t^2$$

$$h = V_0 \sin \alpha \cdot 3t - \frac{g}{2} \cdot 9t^2$$

$$h = 2g t \cdot 3t - 4,5g t^2 = 6g t^2 - 4,5g t^2 = 1,5g t^2 \Rightarrow$$

$$7t = \sqrt{\frac{h}{1,5g}} = \sqrt{\frac{5,4}{1,5}} = \sqrt{\frac{1,8}{0,5}} = \sqrt{\frac{1,8}{0,5}}$$

$$H = V_0 \sin \alpha \cdot 2t - \frac{g}{2} \cdot 4t^2 = 2g t \cdot 2t - 2g t^2 = \sqrt{2g t^2} = 2 \cdot 10 \cdot \frac{1,8}{5} =$$

$$L = t \cdot v$$

$$L + d = t \cdot (v + 2u)$$

$$t \cdot v = t \cdot (v + 2u) - d$$

$$t \cdot 2u = d$$

$$u = \frac{d}{2t} = \frac{1,8}{2 \cdot \sqrt{\frac{1,8}{0,5}}} = \frac{1,8}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,5}{1,8}} = \frac{1,8}{2} \cdot \frac{\sqrt{0,5}}{\sqrt{1,8}} =$$

$$N \cos 30^\circ + F \cos 60^\circ = mg$$

$$N \sin 30^\circ - F \sin 60^\circ = T$$

$$\frac{1}{2} N - \frac{\sqrt{3}}{2} F = T$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} N + \frac{1}{2} F = mg$$

$$T \cos 60^\circ + mg \cos 30^\circ = N$$

$$mg \sin 30^\circ - T \sin 60^\circ = F$$



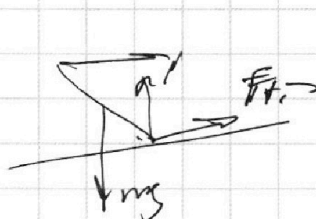
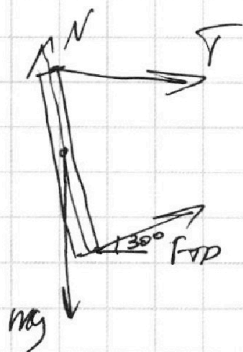
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$T^2 + mg^2 = F^2 + N^2$$

$$mg = F \sin 30^\circ + N \cos 30^\circ$$

$$T = F \cos 30^\circ = N \sin 30^\circ$$

$$T^2 + mg^2 = m^2 g^2 \cos^2 60^\circ - 2mgT \cos 60^\circ \cos 30^\circ + T^2 \cos^2 30^\circ + m^2 g^2 \sin^2 30^\circ + 2mgT \cos 30^\circ \sin 30^\circ$$

$$T^2 + m^2 g^2 = m^2 g^2 \cdot \frac{1}{4} + T^2 \cdot \frac{3}{4} + m^2 g^2 \cdot \frac{3}{4} + 2 \cdot 14,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{34,3 \cdot \sqrt{3}}{10 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{34,3 \cdot \sqrt{3}}{5}$$

$$\frac{2 \cdot 14,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}}{10 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{34,3 \cdot \sqrt{3}}{5}$$

$$34,3 - 14,3 = 4$$

$$\frac{10000}{100} = 100$$

$$810$$

$$\begin{array}{r} 111 \\ 5145 \\ + 8,65 \\ \hline 6010 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 143 \overline{) 2} \\ - 16 \\ \hline 12 \\ - 10 \\ \hline 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ \times 34,3 \\ \hline 1415 \\ + 343 \\ \hline 51,45 \end{array}$$

$$2500$$

$$\begin{array}{r} \times 5 \\ 9 \\ \hline \times 100 \\ 100 \\ \hline \times 1000 \\ 1000 \\ \hline \times 10000 \\ 10000 \\ \hline \times 100000 \\ 100000 \end{array}$$

$$100 - 9$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

